

Dieter Nelles, Hartmut Opperskalski
Digitaler Distanzschutz
Verhalten der Algorithmen
bei nichtidealen Eingangssignalen

**Dieter Nelles
Hartmut Opperskalski**

Digitaler Distanzschutz

**Verhalten der Algorithmen
bei nichtidealen Eingangssignalen**

DUV Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

Die Deutsche Bibliothek — CIP Einheitsaufnahme

Nelles, Dieter:

Digitaler Distanzschutz : Verhalten der Algorithmen bei nichtidealen Eingangssignalen / Dieter Nelles ; Hartmut Opperskalski. — Wiesbaden : Dt. Univ.-Verl., 1991

ISBN 978-3-8244-2022-3 ISBN 978-3-663-14633-9 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-663-14633-9

NE: Opperskalski, Hartmut:

© Springer Fachmedien Wiesbaden 1991

Ursprünglich erschienen bei Deutscher Universitäts-Verlag GmbH, Wiesbaden 1991.



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Vorwort

Trotz einer großen Innovation auf dem Gebiet des Netz- und Generatorschutzes durch Elektronik und Digitaltechnik haben sich die Grundprinzipien des Selektivschutzes nicht nennenswert gewandelt. Auf dem Markt befindliche Bücher über dieses Thema sind immer noch aktuell [1]. In einigen Teilgebieten des Schutzes wurden jedoch vollständig neue Verfahren vorgestellt. Hierzu zählt der digitale Distanzschutz. Eine Vielzahl von mathematischen Verfahren zur Distanzbestimmung wurde entwickelt, veröffentlicht, diskutiert und auch teilweise miteinander verglichen. Wegen der begrenzten Rechenleistung der verfügbaren Computer stand hierbei der für die Verfahren notwendige Rechenaufwand im Vordergrund.

In der Zwischenzeit scheint bei der Entwicklung von digitalen Distanzschutzalgorithmen eine Beruhigung eingesetzt zu haben, so daß es an der Zeit ist, Bilanz zu ziehen.

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens wurden alle bekannten mathematischen Verfahren zusammengestellt und miteinander verglichen. Großer Wert wurde hierbei vor allem auf deren Verhalten bei nichtidealen Eingangssignalen, wie Oberschwingungen, Wandler sättigung und Lichtbogen, gelegt. Der Rechenzeitbedarf tritt demgegenüber in den Hintergrund, da sich herausstellte, daß alle Algorithmen auf den zur Zeit in Entwicklung befindlichen Prozessoren implementiert werden können.

Das Buch richtet sich an den Schutzingenieur, der die Leistungsfähigkeit digitaler Distanzschutzeinrichtungen genau kennen will, und an den Entwicklungsingenieur von neuen Schutzeinrichtungen. Ebenso soll das Buch den Studenten der Elektrotechnik zur Vertiefung dienen, den Energietechnikern, die auf dem Gebiet des Netzschutzes ein gewisses Grundlagenwissen besitzen, und den Digitaltechnikern, die sich mit Anwendungen der digitalen Signalverarbeitung befassen wollen.

VI

Dieses Buch entstand aus einem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Forschungsprojekt. Ihr gilt ein besonderer Dank. Die Verfasser danken darüberhinaus allen mit der Herstellung dieses Buches befaßten Damen und Herren, insbesondere Frau B. Klein für die Schreiarbeiten, sowie den Herren Dipl.-Ing. D. Lönard und Dipl.-Ing. R. Simon für die kritische Durchsicht.

D. Nelles

H. Opperskalski

Inhaltsverzeichnis

	Seite	
1	Distanzschutz	1
1.1	Selektivität	1
1.2	Verfahren der Distanzmessung	3
1.3	Impedanzmessungen	5
1.4	Auslösegenauigkeit	7
1.5	Anregung	9
2	Nichtideale Eingangssignale	10
2.1	Nichtideale Eingangssignale aufgrund von Netzeigenschaften	10
2.1.1	Oberschwingungen	12
2.1.2	Gleichstromglieder	15
2.1.3	Lichtbogenspannungen	17
2.1.4	Ausgleichsvorgänge aufgrund von Leitungskapazitäten	20
2.1.5	Netzfrequenzschwankungen	29
2.1.6	Netzpendelungen	30
2.2	Nichtideale Eingangssignale aufgrund von Übertragungsfehlern	35
2.2.1	Stromwandler	35
2.2.2	Kapazitiver Spannungswandler	41
3	Auslöseverhalten von Distanzschutzalgorithmen bei nichtidealen Eingangssignalen	45
3.1	Impedanzbestimmung durch Lösen stationärer Gleichungen	50
3.1.1	Algorithmus von Gilbert/Shovlin	50
3.1.2	T2-Methode von Lobos	61
3.1.3	Algorithmus von Mann/Morrison	71
3.1.4	Algorithmus von Gilcrest/Rockefeller	83
3.1.5	Größenvergleichsverfahren	94

VIII

3.2	Impedanzbestimmung durch Lösen von Differentialgleichungen	104
3.2.1	A3-Methode von Lobos	105
3.2.2	A4-Methode von Lobos	117
3.2.3	Algorithmus von Bornard/Bastide	127
3.2.4	Algorithmus von McInnes/Morrison	142
3.2.5	Algorithmus von Ranjbar/Cory	154
3.2.6	Algorithmus von Smolinski	167
3.3	Impedanzbestimmung durch Ermittlung der komplexen Grundschwungszeiger mittels digitaler Filter	179
3.3.1	Algorithmus von Phadke/Ibrahim	179
3.3.2	Algorithmus von Slemon/Robertson	189
3.3.3	Algorithmus von Horton	190
3.3.4	Algorithmus von Sachdev/Baribeau	193
3.3.5	Algorithmus von Carr/Jackson	205
3.3.6	Algorithmus von Kratz	214
3.3.7	Algorithmus von Girgis	236
4	Verbesserungsmöglichkeiten einzelner Algorithmen	252
5	Auswahlkriterien	258
6	Zusammenfassung	263
7	Anhang	265
7.1	Herleitung der Methode von Gilbert/Shovlin	265
7.2	Herleitung der T2-Methode von Lobos	268
8	Literaturverzeichnis	272
9	Sachverzeichnis	276